

В ходе экспериментов получены результаты, доказывающие эффективность представленной разработки. В настоящее время ведутся работы по увеличению производительности насоса [2]. Например, увеличение температуры среды внешнего контура [3], применение эжекционного устройства для удаления избытков влаги из испарителя после осушения конденсационной полости и др. Итак, внедрение НТД в бинарный цикл ГеоТЭС позволит существенно снизить затраты на электропривод насосов, увеличит надежность системы.

### *Библиографический список*

1. Аверьев В.В., Вакин Е.А., Поляк Б.Г. Перспективы использования подземного тепла вулканических областей // Геотермические исследования и использование тепла Земли. М.: Наука, 1966. С. 273-279.
2. Буй Мань Ту, Сасин В.Я. Экспериментальные исследования элементов насоса теплового действия (НТД) и анализ результатов расчетов по математической модели // Радиоэлектроника, Электротехника и Энергетика: Тез. докл. Пятнадцатой междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. В 3-х т. М.: МЭИ, 2009. Т. 2. С. 386-387.
3. Буй Мань Ту, Сасин В.Я., Парёхина И.В. Влияние температуры среды внешнего контура на рабочие характеристики насоса теплового действия // Радиоэлектроника, Электротехника и Энергетика: Тез. докл. Шестнадцатой междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. В 3-х т. М.: МЭИ, 2010. Т. 2. С. 416-417.
4. Буй Мань Ту, Сасин В.Я., Савченкова Н.М., Парёхина И.В. Экспериментальные и теоретические исследования тепло- и массопереноса в испарителе двухфазного вытеснительного насоса теплового действия // Вестник МЭИ. М.: Изд-во МЭИ, 2009. С. 29-34.
5. Кононов В.И., Сугробов В.М. Геотермальные ресурсы Камчатки, использование и перспективы развития // Тепловое поле Земли и методы его изучения: Сборник научных трудов. М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 2007.
6. Пат. на полезную модель № 2009143627 от 26.11.2009 «Тепломассопередающее устройство».
7. Сасин В.Я., Савченкова Н.М., Буй Мань Ту. Экспериментальные и теоретические исследования тепло- и массопереноса двухфазного вытеснительного насоса теплового действия // 5 РНКТ. Минск, 2010.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ С ГРУНТОВЫМИ ТЕПЛООБМЕННИКАМИ**

*Плеханова Е.С.*

*Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет*

Грунтовые теплообменники связывают теплонасосное оборудование с грунтовым массивом. Кроме извлечения теплоты земли, грунтовые теплообменники могут использоваться и для накопления теплоты или холода в грунтовом массиве.

При устройстве в грунте вертикальных или горизонтальных регистров труб (систем сбора низкопотенциальной теплоты грунта) с циркулирующим по ним теплоносителем, имеющем пониженную (повышенную) относительно окружающего грунтового массива температуру, происходит отбор (сброс) тепловой энергии (холода) от грунта и их отвод потребителю.

Грунт поверхностных слоев Земли, в связи с его повсеместной доступностью и достаточно высоким температурным потенциалом, является наиболее

перспективным источником тепловой энергии низкого потенциала для испарителей тепловых насосов [2].

В геолого-климатических условиях России при одинаковой мощности теплового насоса выгоднее устройство вертикального грунтового теплообменника. За счет большего удельного теплосбора ввиду больших температур грунта на глубине ниже зоны сезонных колебаний можно уменьшить количество первичных контуров, отбирающих теплоту земли. Устройство вертикальных грунтовых теплообменников также безопаснее для корней растений, так как уменьшает риск промерзания почвы вблизи отапливаемого с помощью теплового насоса дома. Это особенно важно для условий сельской местности, где имеется приусадебное хозяйство.

На основе изучения опыта внедрения тепловых насосов с грунтовыми теплообменниками в Европе, установлено, что наиболее рациональным вариантом конструкции грунтовых теплообменников по показателям стоимости и надежности являются скважинные вертикальные зонды, состоящие из полиэтиленовых U-образных труб, закладываемые на глубину до 100 м. Одним из преимуществ таких теплообменников является возможность заводской сборки монтируемых в скважину петель, когда после экструзии полиэтиленовых труб их непрерывная длина достигается намоткой петель в катушки, удобные для транспортировки к месту строительства, что делает эту конструкцию предпочтительной для введения в российскую практику.

На практике применяются следующие две конструктивные схемы вертикальных грунтовых теплообменников.

1) «Труба в трубе» - внутри обсадной трубы коаксиально располагается подающая теплоноситель труба, а поток теплоносителя, возвращающийся по межтрубному зазору, отбирает тепло грунта через стенку обсадной трубы. Коаксиальные теплообменники могут быть и более сложных конфигураций.

Для увеличения эффективности теплообменников пространство между стенками скважины и трубами заполняется специальными теплопроводящими материалами.

2) U-образная труба – две параллельные трубы, соединенные в нижней части [3]. По одной ветви теплоноситель подается вниз, а по другой возвращается обратно, при этом теплообмен с грунтом происходит по всей длине трубы, однако из-за меньших диаметров труб (при том же диаметре скважины) поверхность теплообмена получается существенно меньше, чем в предыдущем варианте.

В одной скважине может располагаться несколько U-образных труб (рисунки).

Исследования, проведенные ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» [1], показали, что потребление тепловой энергии из грунтового массива к концу отопительного сезона вызывает вблизи регистра труб системы теплосбора понижение температуры грунта, которое в почвенно-климатических условиях большей части территории РФ не успевает компенсироваться в летний период года, и к началу следующего отопительного сезона грунт выходит с пониженным температурным потенциалом.



Внешний вид двух U-образных вертикальных коллекторов, вмонтированных в одну скважину

Потребление тепловой энергии в течение следующего отопительного сезона вызывает дальнейшее снижение температуры грунта, и к началу третьего отопительного сезона его температурный потенциал еще больше отличается от естественного. И так происходит каждый последующий год эксплуатации теплового насоса. Однако, огибающие кривые теплового влияния многолетней эксплуатации системы теплосбора на

естественный температурный режим грунта имеют ярко выраженный экспоненциальный характер, и к пятому году эксплуатации грунт выходит на новый режим, близкий к периодическому, то есть, начиная с пятого года эксплуатации многолетнее потребление тепловой энергии из грунтового массива системы теплосбора сопровождается периодическими изменениями его температуры.

При проектировании тепловых насосов, использующих грунт в качестве источника теплоты, следует использовать в качестве расчетных параметров температур грунтового массива, ожидаемые на пятый год эксплуатации грунтовой системы теплосбора.

### *Библиографический список*

1. Васильев Г.П. Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения и эффективность их применения в климатических условиях России // АВОК. 2007. № 5. С. 58-68.
2. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии. М.: Москомархитектура, утв. и введ. 31.01.2001. 38 с.
3. Булдакова И.Н. Определение теплопроизводительности вертикального грунтового коллектора теплонасосной установки в климатических условиях Удмуртской Республики / И.Н. Булдакова, Е.В. Корепанов; под общ. ред. В.И. Прохорова, Ю.Я. Кувшинова, Л.М. Махова, Е.В. Троицкой // Сб. докл. третьей Междунар. науч.-техн. конф. М.: МГСУ, 2009. С. 65-67.